

Костров<sup>†</sup> В.В., Кострова<sup>††</sup> Т.Г., Парамонов В.Ю.

<sup>†</sup>*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

<sup>††</sup>*Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения*  
602267 г. Муром, Владимирская обл., ул. Комсомольская, 55  
E-mail: vvk@mit.ru

### **Определение времени прихода сигналов при многолучевом распространении**

Одной из проблем современных систем передачи данных является присутствие многолучевого распространения, возникающего из-за наличия множественных отражателей. Такие сигналы вызывают интерференцию (ближние отражения) и реверберацию (дальнее эхо), приводят к снижению дальности действия при ограниченных энергетических ресурсах, качество обнаружения падает, а вероятность приема ошибочных символов увеличивается. Особенно остро эта проблема стоит в гидроакустических каналах связи, которые практически всегда работают в условиях многолучевого распространения сигналов и частотной дисперсии сигналов. Для эффективной демодуляции и декодирования при обработке сигналов необходимо постоянно отслеживать временное положение преамбулы и информационных импульсов. Хорошо разработанные методы оценивания времени задержки в условиях многолучевого распространения работают плохо. Один из путей повышения качества работы заключается в применении обработки, согласованной с каналом распространения [1,2].

Целью данной работы является анализ методов частотно-временной обработки сложного сигнала в условиях многолучевого распространения, направленных на улучшение качества оценивания времени прихода.

Дана классификация искажений сигналов при различной степени многолучевости: слабые искажения, средние искажения и сильные искажения. Рассмотрена наиболее вероятная ситуация, когда уровень сигналов лучей меньше уровня сигнала основного луча. В качестве основного блока обработки использован дискриминатор с двумя временными stroбами, временная функция которых определяется принятой моделью многолучевого распространения. Проведен анализ алгоритмов приема преамбулы в виде сложного сигнала с учетом статистических характеристик канала многолучевого распространения. Показано, что в подобных условиях сигнала в зависимости от степени искажений потери в пороговой мощности сигнала могут составлять до 2-х дБ при слабых искажениях; до 3-х дБ – при средних и до 4,5...5,5 дБ – при сильных.

Проведено статистическое моделирование задачи приема сложного сигнала и оценки времени его прихода, которое позволило дать оценку вероятностных характеристик при различной степени многолучевости и различных вариантах обработки. Анализ результатов моделирования выявил смещенность оценки времени прихода, зависящую от гидрологической обстановки. Рассмотрена обработка сигналов в условиях, когда сигналы дополнительных (второстепенных) лучей приходят после сигнала главного луча подводного звукового канала, а также случай прихода сигнала главного луча после прихода сигналов других лучей. Разработаны рекомендации по повышению точности оценивания за счет согласованной с каналом обработки, однако полностью устранить последствия многолучевого распространения сигнала не удастся.

### **Литература**

1. Кловский Д.Д. Теория электрической связи. – М.: Радиотехника, 2009. – 646 с.
2. Маркович И.И. Методы и алгоритмы цифровой пространственно-временной обработки гидроакустических сигналов в многолучевых эхолотах и локаторах препятствий // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2014. Т. 7. № 2. С.58-71.